



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Patentschrift

DE 198 01 074 C 2

(51) Int. Cl. 7:  
**B 22 D 11/01**  
B 22 D 19/08  
C 22 F 1/08  
C 22 C 9/01  
C 22 C 9/04

(21) Aktenzeichen: 198 01 074.5-24  
(22) Anmeldetag: 14. 1. 1998  
(43) Offenlegungstag: 22. 7. 1999  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 31. 1. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:  
Federal-Mogul Wiesbaden GmbH & Co. KG, 65201  
Wiesbaden, DE

(74) Vertreter:  
Fuchs, Mehler, Weiß, 65189 Wiesbaden

(62) Teil in: 198 61 160.9

(72) Erfinder:  
Andler, Gerd, Dipl.-Ing., 60594 Frankfurt, DE

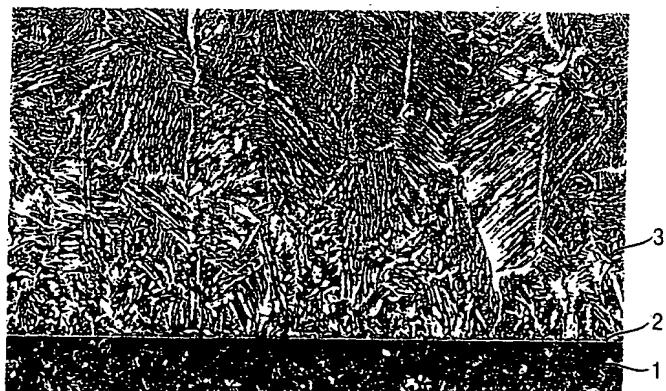
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE-PS 10 63 343  
DE 3 90 38 234 A1  
EP 06 81 114 A2

DIN 17660 Entwurf vom November 1982;  
DIN 1714 November 1981;

## (54) Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes für Gleitelemente

(57) Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, bei dem auf ein Trägermaterial, insbesondere aus Stahl, eine Lagerlegierung mittels eines kontinuierlichen Bandbegießprozesses auf das Trägermaterial aufgebracht wird, wobei der Trägerwerkstoff auf eine Temperatur von 1000°C bis 1100°C vorgewärmt wird, dadurch gekennzeichnet,  
daß sich heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Zink- oder Kupfer-Aluminiumbasis mit einer Temperatur von 1000°C bis 1250°C aufgegossen wird,  
daß der Schichtverbundwerkstoff innerhalb von 2 bis 4 Minuten von Gießtemperatur der Lagerlegierung auf 100°C abgekühlt wird, wobei ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu den  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3 eingestellt wird, und  
daß dieses Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen durch einen anschließenden Glühvorgang auf bis zu 6 angehoben wird.



100  $\mu\text{m}$

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, bei dem auf ein Trägermaterial, insbesondere aus Stahl, eine Lagerlegierung mittels eines kontinuierlichen Bandbegießprozesses auf das Trägermaterial aufgebracht wird, wobei der Trägerwerkstoff auf eine Temperatur um 1000°C bis 1100°C vorgewärmt wird.

[0002] Allgemein dienen Lagerungen der Aufnahme und Weiterleitung von Kräften, und zwar sowohl der axialen wie auch radialen Kräfte zwischen sich relativ zueinander bewegenden Bauteilen. Dies bedeutet, daß für fast alle umlaufenden Drehbewegungen und Schwenkbewegungen Lager erforderlich sind. Lager sind somit ein in allen Maschinen und Aggregaten und damit insbesondere in Verbrennungsmotoren ein unverzichtbares Maschinenelement.

[0003] Betrachtet man bei modernen Verbrennungsmotoren die darin vorhandenen wichtigsten Lagerstellen (Hauptlager, Pleuellager, Kolbenbolzenbuchse, Nockenwellenbuchse u. a.), so erhält man einen guten Überblick über die Vielzahl oftmals konträrer Eigenschaften, die der Lagerwerkstoff erfüllen muß.

[0004] Je nach Lager- und Motorentyp sind nicht nur unterschiedliche konstruktive Gegebenheiten zu berücksichtigen, sondern es treten auch ganz unterschiedliche Belastungen (Gaskräfte, Massenkräfte, Gleitgeschwindigkeiten) auf. Für das hieraus resultierende vielseitige Anforderungsprofil (wie hohe Ermüdungsfestigkeit, hohe Verschleißfestigkeit, Freibunempfindlichkeit, hoher Korrosionswiderstand, hoher Kavitationswiderstand, u. a.) haben sich im Laufe der Zeit mehrschichtig aufgebaute Verbundwerkstoffe als besonders geeignet erwiesen. So gehören heute Zwei- bzw. Dreischichtverbundwerkstoffe zum Stand der Technik. Hierbei verleiht ein Stahlstützkörper dem Gleitlager die erforderliche mechanische Festigkeit und einen korrekten Festsitz im Gehäuse. Das Lagermetall, aufgebracht mittels Walzplattieren, Bandgießen oder Sintern, erfüllt hierbei die bereits erwähnten Eigenschaften, wobei zusätzlich noch eine meist galvanisch aufgebrachte Gleitschicht mit als Diffusionsbarriere dienender Zwischenschicht das Verbundsystem komplettiert.

[0005] Betrachtet man die Entwicklungstendenzen im Bereich von zukünftigen Dieselmotoren, so treten zwei Hauptbedingungen in den Vordergrund:

Minimierung des Kraftstoffverbrauches und Reduzierung der Schadstoffemissionen.

[0006] Gegenüber konventionellen Dieselmotoren wird dies mittels Direkteinspritzung, d. h. Steigerung des Verbrennungsdrucks und durch Turboaufladung erreicht. Hierdurch werden in neuen Motorengenerationen besonders an die Lagerwerkstoffe höchste Anforderungen gestellt. Eindeutig geht der Trend zu immer höher belastbaren Werkstoffen, der bereits bei Pleuellagern zu neuen Schichtverbundwerkstoffen geführt hat. So ist in diesem Bereich das Sputterlager (die Laufschicht besteht aus einer mittels Kathodenzerstäubung aufgebrachten Gleitschicht) zu einem festen Marktbestandteil geworden. Mit diesem Lagertyp können höchste Belastungen ohne Probleme realisiert werden.

[0007] Aber auch in anderen Bereichen wie z. B. der Kolbenbolzenlagerung sind die Beanspruchungen an die Lagerwerkstoffe derart gestiegen, daß sie von den dort eingesetzten traditionellen Buchsenwerkstoffen auf Stahl/Bleibronze-Basis nur durch Erhöhung des Kolbenbolzendurchmessers und einer dadurch reduzierten spezifischen Belastung beherrscht werden. Diese Entwicklung weist jedoch in die falsche Richtung, weil hierdurch die oszillierenden Massen

und damit die Bauhöhe des Motors anwachsen, was einer allgemein angestrebten Gewichtsreduzierung entgegenwirkt. Ein weiteres Problem bei der Verwendung der Bleibronzelegierungen ist ihre mangelnde Korrosionsbeständigkeit.

[0008] Hieraus wird deutlich, daß z. B. im Bereich von Buchsenwerkstoffen die zukünftigen Marktbedürfnisse nur durch ein neu zu entwickelndes Verbund-Werkstoffsystem erfüllt werden können. An dieses werden folgende technischen und wirtschaftlichen Anforderungen gestellt: der Verbundwerkstoff muß höchsten Belastungen standhalten können, er muß eine hohe Korrosionsbeständigkeit bei Temperaturen bis 200°C in einer aggressiven Umgebung besitzen (Werkstoff stark beansprucht durch Öladditive, Verbrennungsrückstände im Öl und starke Kontamination des Öls infolge längerer Wartungsintervalle) und er muß kostengünstig herzustellen sein.

[0009] In der EP 0 681 114 A2 wird ein Schichtverbundwerkstoff bestehend aus Stahl mit einem Gleitlagerwerkstoff aus einer Kupfer-Zink-Knetlegierung beschrieben, wie er als Lagerbuchsen- bzw. Anlaufscheibenwerkstoff Anwendung findet. Die Herstellung dieses Verbundwerkstoffes erfolgt mittels Walzplattieren. Eine sich an das Plättieren anschließende Wärmebehandlung erhöht als Folge von Diffusionsvorgängen die Bindefestigkeit zwischen Stahl und Lagermetall.

[0010] Bei diesem Verbundsystem handelt es sich bei der Herstellung, im Gegensatz zu dem in dieser Anmeldung beanspruchten Verfahren, um ein Walzplattierverfahren. Hierbei tritt als Folge des Walzdruckes eine mechanische Haftung durch Verzahnungen der Oberflächen der beiden Werkstoffe ein. Eine nachfolgende Diffusionsglühung verstärkt zwar diese Bindung, führt aber nicht zu einer formschlüssigen Verbindung oder gar einer metallurgischen Bindung, wie dieses beim Begießen, also dem Kontakt einer flüssigen Phase mit einer festen Phase, der Fall ist.

[0011] Weiterhin muß festgestellt werden, daß der in der EP 0 681 114 A2 beschriebene Prozeß auch hinsichtlich der Herstellungskosten teurer ist, als das hiermit verglichene Bießen, denn bevor der Verbundwerkstoff durch Walzplattieren hergestellt wird, muß das CuZn31Si-Band mittels eines eigenen Gießprozesses produziert werden. Erst in einem weiteren Arbeitsschritt kann durch Plättieren der Verbundwerkstoff entstehen. Beim Bießen von Stahl kann aber der Verbundwerkstoff in einem Arbeitsgang hergestellt werden.

[0012] Die DE 25 48 941 A1 beschreibt ein Verfahren zur Erzeugung von strangförmigen, metallischen Gegenständen, bei dem mehrere Schichten aus demselben Material aufgebracht werden. Dementsprechend sind mehrere Aufgießgefäße vorgesehen. Die jeweilige Schicht, die an der Aufgießstelle auf dem Band gebildet wird, wird fortlaufend abgezogen und jeweils gekühlt. Hierzu sind unter dem Band entsprechende Kühleinrichtungen vorgesehen.

[0013] Aus der DE-PS 10 63 343 ist ein Verfahren zum Bandgießen von Bleibronze bekannt, bei dem das Stahlband auf eine Temperatur von etwa 1100°C erwärmt wird, um ein Verziehen des Bandes zu verhindern. Zuvor wird das Band zu einem U-förmigen Profil mit abgewinkelten Rändern geformt. Nach dem Bießen und Abkühlen des Bandes, über das allerdings keine Aussagen gemacht werden, wird das Band auf die gewünschte Dicke gefräst und anschließend aufgewickelt.

[0014] Aus der DE 44 37 565 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlverbundgußwerkstoffes bekannt. Es handelt sich um kein kontinuierliches Bandbegießverfahren, sondern um ein Stand- bzw. Schleudergußverfahren, bei dem bereits umgeformte Lagerschalen beschichtet werden.

Diese Lagerlegierung auf Kupferbasis enthält Nickel und Silizium in einem bestimmten Verhältnis, so daß die Eisen-silizid-Sprödphasen an der Bindezone unterdrückt werden. Das zu beschichtende Gleitelement wird vorgewärmt, wobei die Vorwärmtemperatur in Abhängigkeit der Stahldicke gewählt wird. Dieses Verfahren ist nur für große Lager und somit teure Teile geeignet. Für die Massenherstellung, wie sie bei kleiner dimensionierten Lagern mit Stahldicken unter 10 mm erforderlich ist, kann dieses bekannte Verfahren nicht eingesetzt werden.

[0015] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren für die Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes bereitzustellen, der für Lagerstellen geeignet ist, bei dem Mischreibung gegeben ist, der korrosionsbeständig und kalt umformbar ist sowie höchste Belastungen aushält.

[0016] Gelöst wird die Aufgabe durch ein Verfahren, bei dem eine sich heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Zink- oder Kupfer-Aluminium-Basis mit einer Temperatur von 1000°C bis 1250°C aufgegossen wird, der Schichtverbundwerkstoff innerhalb von 2 bis 4 Minuten von Gießtemperatur der Lagerlegierung auf unter 100°C abgekühlt wird, wobei ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3 eingestellt wird und dieses Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen durch einen anschließenden Glühvorgang auf bis zu 6 angehoben wird.

[0017] Vorzugsweise wird der Schichtverbundwerkstoff innerhalb der ersten 30 sec von der Gießtemperatur der Lagerlegierung auf ihre Erstarrungstemperatur abgekühlt.

[0018] Es hat sich gezeigt, daß die Anforderungen an den Schichtverbundwerkstoff durch hochfeste Kupferlegierungen erfüllt werden können. Hierzu zählen Sondermessing oder Aluminiumbronze, die, neben einer hohen Belastbarkeit, im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit den Vorteil bieten, kein Blei zu enthalten. Prinzipiell kann in dieser Werkstoffgruppe von zwei unterschiedlichen Gefügemorphologien ausgegangen werden:

Legierungssysteme, die homogen erstarrn (z. B. CuAl8 bzw. CuZn31Si) und Legierungssysteme, die ein heterogenes Gefüge bilden (z. B. CuAl10Fe bzw. CuZn40Al).

[0019] Die "homogenen" Werkstoffe bestehen aus einem  $\alpha$ -Mischkristall und besitzen neben guten Gleiteigenschaften auch eine gute Kaltumformbarkeit.

[0020] Demgegenüber haben die "heterogenen" Legierungen, begünstigt durch ihren mehrphasigen Gefüeaufbau, höhere Verschleißbeständigkeit, aber schlechtere Kaltumformbarkeit.

[0021] Verbundwerkstoffe mit Lagerlegierungen auf Kupfer-Zink- oder Kupfer-Aluminium-Basis konnten bisher nur durch Schleudergießverfahren hergestellt werden. Kontinuierliche Bandbießverfahren fanden bisher keine Anwendung, da sich beim Bießen des Substratwerkstoffes im Bereich der Bindezone Sprödphasen ausbildeten, die es nicht erlaubten, den Verbundwerkstoff umzuformen. Dies ist aber für die kostengünstige Herstellung von z. B. Gleitlagern oder Buchsen unerlässlich. Es wurde überraschend festgestellt, daß diese Verbundwerkstoffe dann z. B. umformbar werden, ohne daß sich das aufgegossene Lagermetall vom Substratwerkstoff löst, wenn die erfundungsgemäßen Verfahrensparameter eingehalten werden. Durch die Prozeßführung beim Bießen des Stahles wird es möglich, einen Verbundwerkstoff zu schaffen, der als Ganzes eine Umformung von mindestens 25% erlaubt.

[0022] Die heterogene Struktur der Lagerlegierung wäre im Hinblick auf die Kaltumformbarkeit des Materials nachteilig. Es hat sich jedoch überraschend herausgestellt, daß die heterogene Struktur dann nicht nachteilig ist, wenn ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen vorliegt.

[0023] Die  $\beta$ -Phasen stellen sich bei hohen Temperaturen ein und müssen, um eine gute Umformbarkeit zu gewährleisten, u. a. in die  $\alpha$ -Phase umgewandelt werden. Andererseits müssen auch ausreichende Anteile der  $\beta$ -Phasen vorhanden sein, um die Heterogenität der Gefügestruktur zu erhalten, weil diese die Verschleißbeständigkeit vorteilhaft beeinflußt.

[0024] Die Umwandlung der  $\beta$ -Phasen wird durch die Abkühlung nach dem Aufgießen gesteuert, wobei jedoch unter 10 wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine möglichst schnelle Abkühlung wünschenswert wäre. Es hat sich herausgestellt, daß eine Abkühlung auf 100°C innerhalb von 2 bis 4 Minuten geeignet ist, um ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3,0 einzustellen. Der Schichtverbundwerkstoff mit 15 einem solchen  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Verhältnis vereint gute tribologische Eigenschaften mit guter Umformbarkeit sowie mit guten Korrosionseigenschaften und hoher Belastbarkeit.

[0025] Durch den nachfolgenden Glühvorgang kann das 20 Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen auf bis zu 6 weiter angehoben werden, was sich günstig auf die Umformeigenschaften auswirkt.

[0026] Die Bindezone am Übergang zum Stahl besitzt eine ausreichende Duktilität, d. h. die Bildung von Sprödphasen am Übergang Stahl/Lagermetall wurde vermieden. 25 Damit waren die Voraussetzungen für eine Weiterverarbeitung des Schichtverbundes als Band durch Umformprozesse wie Walzen oder Rollbiegen z. B. zur Herstellung einer Buchse erfüllt.

[0027] Wenn die Lagerlegierung eine Kupfer-Aluminium-Legierung ist, wird nach dem Aufbringen der Lagerlegierung und nach dem Abkühlvorgang vorzugsweise eine Glühbehandlung bei 600°C bis 750°C über 4 bis 10 Stunden durchgeführt. Im Falle einer Kupfer-Zink-Legierung wird der Schichtverbundwerkstoff vorteilhafterweise entsprechend bei einer Temperatur von 400°C bis 550°C über 4 bis 10 Stunden geglättet.

[0028] Vorzugsweise wird die Lagerlegierung in einer Dicke  $D_L$  aufgegossen, die zur Dicke  $D_T$  des Trägermaterials ein Verhältnis  $D_L/D_T = 1$  bis 2 aufweist. Die Ausgestaltung der Bindungszone kann über das Dickenverhältnis beeinflußt werden.

[0029] Der nach dem Verfahren hergestellte Schichtverbundwerkstoff weist zwischen der Lagerlegierung und dem Trägerwerkstoff eine metallurgische Bindungszone auf, die 45 80 bis 95% Eisen, übliche Verunreinigungen und als Rest Kupfer aufweist sowie kubisch kristallisiert ist.

[0030] Die Bestimmung der Legierungsbestandteile der Bindungsschicht wird vorteilhafterweise durch eine energiedispersive Röntgenanalyse (EDX) mittels Rasterelektronenmikroskopie durchgeführt. Unter der metallurgischen Bindungszone versteht man eine Bindezone, die sich infolge Diffusionsvorgängen von z. B. Elementen der aufgegossenen Legierung in den festen Trägerwerkstoff als deutlich erkennbare Zwischenschicht ausbildet. Meistens stellt sich 55 diese Bindezone als Mischkristall oder intermetallische Phase beider Werkstoffe dar.

[0031] Der hohe Eisenanteil stammt aus dem Stahlträgerwerkstoff, während der Kupferanteil von der Lagerlegierung zur Verfügung gestellt wird. Außer diesen beiden 60 Komponenten, die das Gefüge der metallurgischen Bindungszone bestimmen, können noch geringe Mengen der übrigen Legierungsbestandteile enthalten sein. Diese metallurgische Bindungszone gewährleistet eine hohe Haftfestigkeit und eine hohe Belastbarkeit des gesamten Schichtverbundwerkstoffes.

[0032] Die Dicke der Bindungszone liegt vorzugsweise im Bereich von 5 bis 50  $\mu\text{m}$ .

[0033] Vorzugsweise wird der Schichtverbundwerkstoff

für Gleitelemente, wie Gleitlager oder Buchsen, mit einer Dicke des Trägermaterials unter 10 mm verwendet.

[0034] Die Kupfer-Zink-Legierung kann beispielsweise folgende Zusammensetzung aufweisen:

Kupfer	55–63%
Aluminium	1,5–2,5%
Eisen	0,5–0,8%
Mangan	1,8–2,2%
Nickel	0,7–1%
Zinn	0–0,1%
Zink	Rest

[0035] Beispielhafte Zusammensetzungen einer Kupfer-Aluminium-Legierung sind wie folgt:

Aluminium	7,5–11%
Eisen	0,5–3%
Mangan	0,5–3%
Nickel	1–3,5%
Zink	0–0,5%
Kupfer	Rest

[0036] Der Schichtverbundwerkstoff kann zusätzlich noch eine Ternärschicht, beispielsweise aus PbSnCu oder einem Zinn-Flash als Einlaufschicht aufweisen.

[0037] Beispielhafte Ausführungsformen werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert:

[0038] Es zeigen:

[0039] Fig. 1 ein Schliffbild einer CuAl9Ni3Fe-Lagerlegierung im Gußzustand auf einem Trägerwerkstoff aus Stahl,

[0040] Fig. 2a u. 2b zwei Schliffbilder eines Schichtverbundwerkstoffes mit einer Lagerlegierung aus CuZn40Al im Gußzustand und

[0041] Fig. 3 ein Balkendiagramm zur Bindungsfestigkeit der Verbundwerkstoffe CuAl9Ni3Fe2 bzw. CuZn40Al2 auf Stahl im Gußzustand bzw. nach einer Wärmebehandlung im direkten Vergleich zu herkömmlichen Schichtverbundwerkstoffen.

#### Beispiel 1

##### CuAl9Ni3Fe

- 1,6 mm Stahlband
- Gießplattieren des Stahlbandes:
- Vorwärmtemperatur des Trägermaterials 1100°C
- Schmelztemperatur der Lagerlegierung 1200°C
- Abkühlung in 30 sec auf Erstarrungstemperatur, in weiteren 2,5 min auf 100°C
- Fräsen der Lagermetalloberfläche 5–15% der Lagermetalldicke
- Wärmebehandlung 650°C, 6 h Haltezeit
- Umformprozeß 25%

[0042] Ein Schliffbild dieses Schichtverbundwerkstoffes im Gußzustand ist in der Fig. 1 zu sehen. Auf dem Trägerwerkstoff aus Stahl 1 befindet sich eine dünne Bindungszone 2, die 88% Eisen und 6% Kupfer aufweist, wobei die restlichen Bestandteile aus den übrigen Legierungsbestandteilen bestehen.

[0043] Auf der Bindungszone 2 befindet sich die Lagerlegierung 3, die eine heterogene dendritische Struktur aufweist, wobei die hellen Flächen die  $\alpha$ -Phase darstellen.  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen liegen im Verhältnis 2,6 in der Lagerlegierung 3 vor.

#### Beispiel 2

##### CuZn40Al2

- 5 – 1,6 mm Stahlband
- Gießplattieren des Stahlbandes:
- Vorwärmtemperatur des Trägermaterials 1000°C
- Schmelztemperatur der Lagerlegierung 1020°C
- Abkühlung in 30 sec auf Erstarrungstemperatur, in weiteren 2,5 min auf 100°C
- Fräsen der Lagermetalloberfläche 5–15% der Lagermetalldicke
- Wärmebehandlung 500°C, 4 h Haltezeit
- Umformprozeß 25%

[0044] In den Fig. 2a und 2b sind Schliffbilder des Schichtverbundwerkstoffes mit der Lagerlegierung aus CuZn40Al2 im Gießzustand dargestellt. Zwischen der Stahlträgerschicht 1' und dem Lagermaterial 3' befindet sich ebenfalls eine Bindungszone 2', die 81% Eisen und 8% Kupfer aufweist, wobei die restlichen Bestandteile aus den übrigen Legierungsbestandteilen bestehen.

[0045] Auch bei diesem Werkstoff zeigt sich eine heterogene Struktur.

[0046] In der Fig. 3 ist die Bindungsfestigkeit in N/mm<sup>2</sup> für Verbundwerkstoffe hergestellt nach Ausführungsbeispiel 1 bzw. 2 im Vergleich zu herkömmlichen Schichtverbundwerkstoffen dargestellt. Der graue Bereich kennzeichnet die Meßwertsteuerung. Hierbei wurde sowohl der Gußzustand für CuAl9Ni3Fe2 bzw. CuZn40Al2 wie auch der Zustand nach einer Glühung untersucht. Es ist deutlich erkennbar, daß die beiden neuen Verbundwerkstoffe hinsichtlich Haftfestigkeit den bekannten Stahlverbundwerkstoffen wie CuAl8 bzw. CuPb10Sn10 deutlich überlegen sind. Eine durchgeführte Wärmebehandlung, um den für eine spätere Umformung angestrebten Gefügeaufbau einzustellen, wirkt sich nicht negativ auf die Haftfestigkeit aus (bei CuZn40Al2 auf Stahl wird die Haftfestigkeit sogar noch verbessert).

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Schichtverbundwerkstoffes für Gleitelemente, wie Lagerschalen oder Lagerbuchsen, bei dem auf ein Trägermaterial, insbesondere aus Stahl, eine Lagerlegierung mittels eines kontinuierlichen Bandbegießprozesses auf das Trägermaterial aufgebracht wird, wobei der Trägerwerkstoff auf eine Temperatur von 1000°C bis 1100°C vorgewärm wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine sich heterogen ausbildende, bleifreie Lagerlegierung auf Kupfer-Zink- oder Kupfer-Aluminiumbasis mit einer Temperatur von 1000°C bis 1250°C aufgegossen wird, daß der Schichtverbundwerkstoff innerhalb von 2 bis 4 Minuten von Gießtemperatur der Lagerlegierung auf 100°C abgekühlt wird, wobei ein Verhältnis der  $\alpha$ - zu den  $\beta$ -Phasen von 1,5 bis 3 eingestellt wird, und daß dieses Verhältnis der  $\alpha$ - zu  $\beta$ -Phasen durch einen anschließenden Glühvorgang auf bis zu 6 angehoben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schichtverbundwerkstoff innerhalb der ersten 30 sec von der Gießtemperatur der Lagerlegierung auf die Erstarrungstemperatur der Lagerlegierung abgekühlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen einer Kupfer-Aluminiumlegierung und nach dem Abkühlvorgang der

Schichtverbundwerkstoff bei 600°C bis 750°C über 4  
bis 10 Stunden geeglüht wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da-  
durch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen einer  
Kupfer-Zinklegierung und nach dem Abkühlvorgang 5  
der Schichtverbundwerkstoff bei einer Temperatur von  
400°C bis 550°C über 4 bis 10 Stunden geeglüht wird.  
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Lagerlegierung in einer  
Dicke  $D_L$  aufgegossen wird, die zur Dicke  $D_T$  des Trä- 10  
germaterials ein Verhältnis  $D_L/D_T = 1$  bis 2 aufweist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

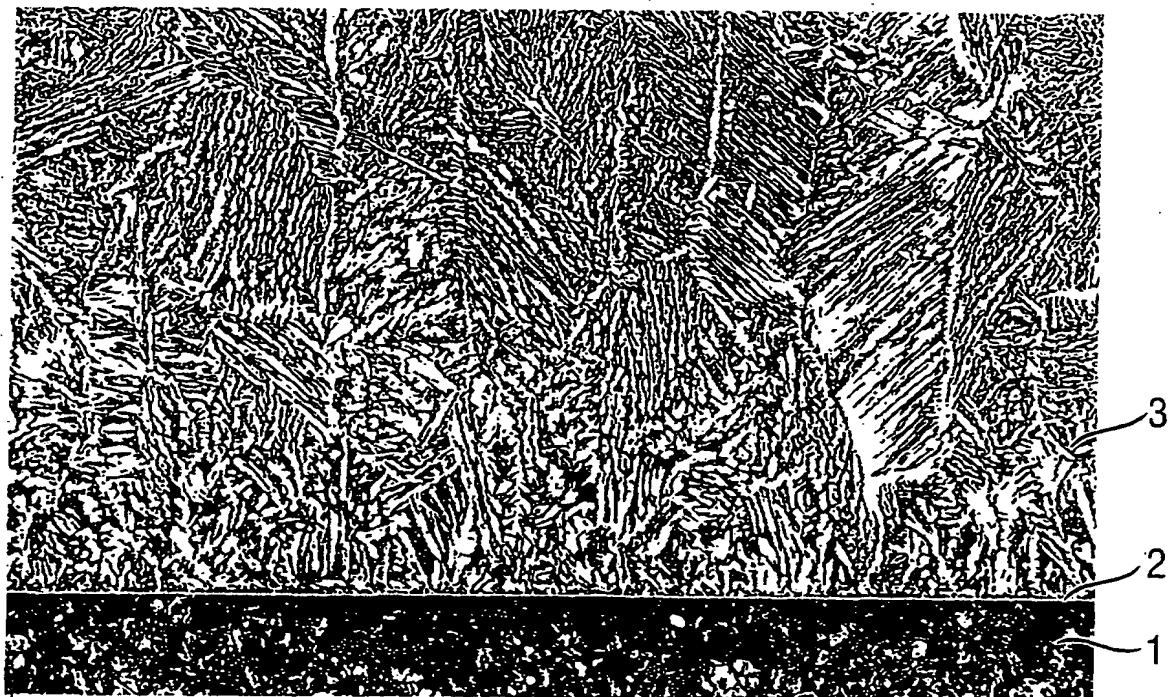
50

55

60

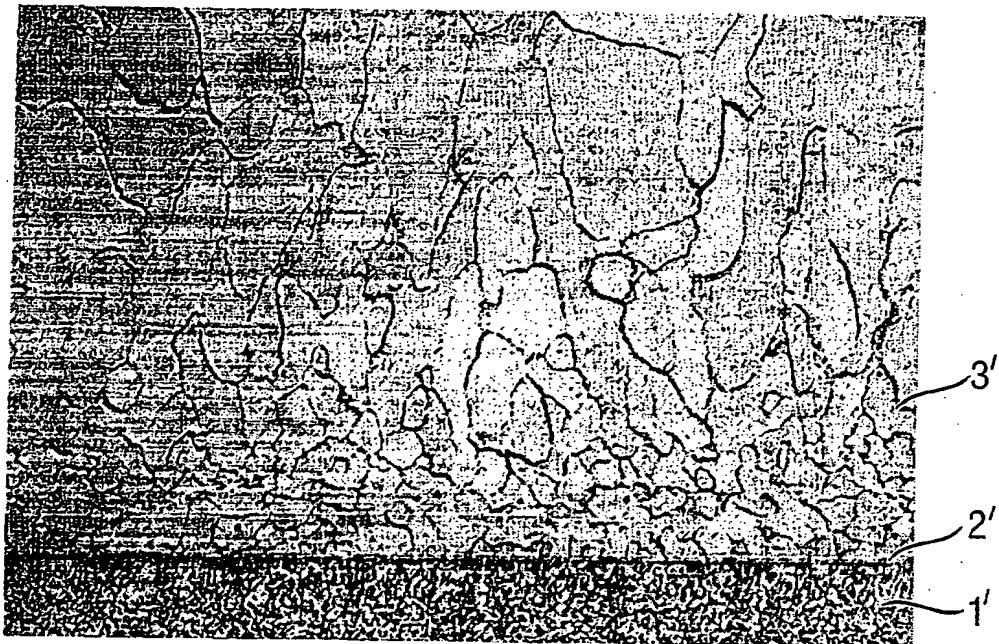
65

*Fig. 1*



100  $\mu\text{m}$

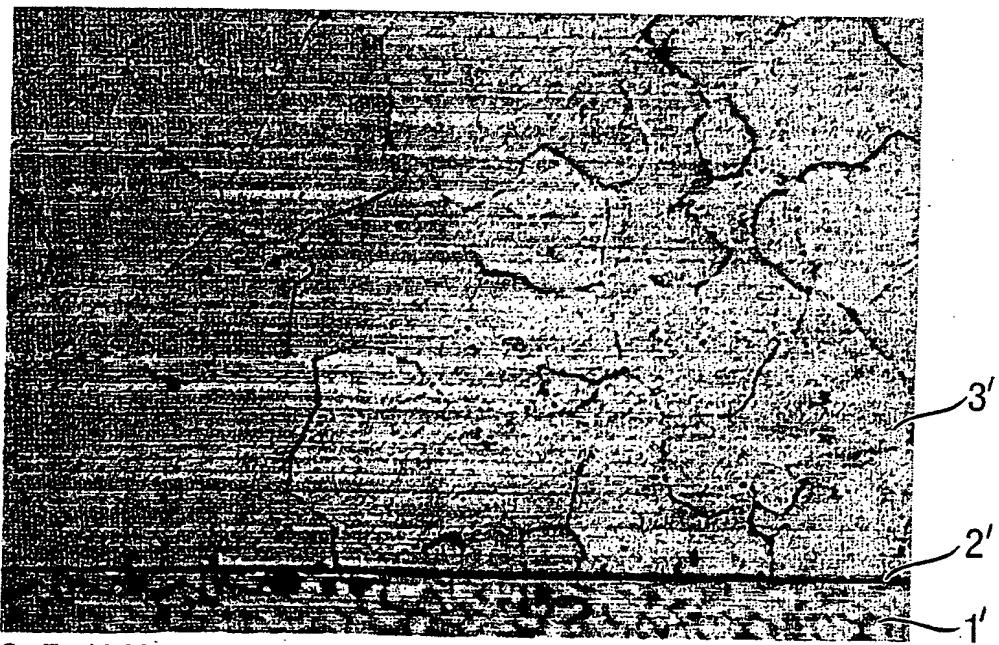
***Fig. 2a***



CuZn40Al  
Gußzustand

100 μm

***Fig. 2b***



CuZn40Al  
Gußzustand

10 μm

**Fig. 3**